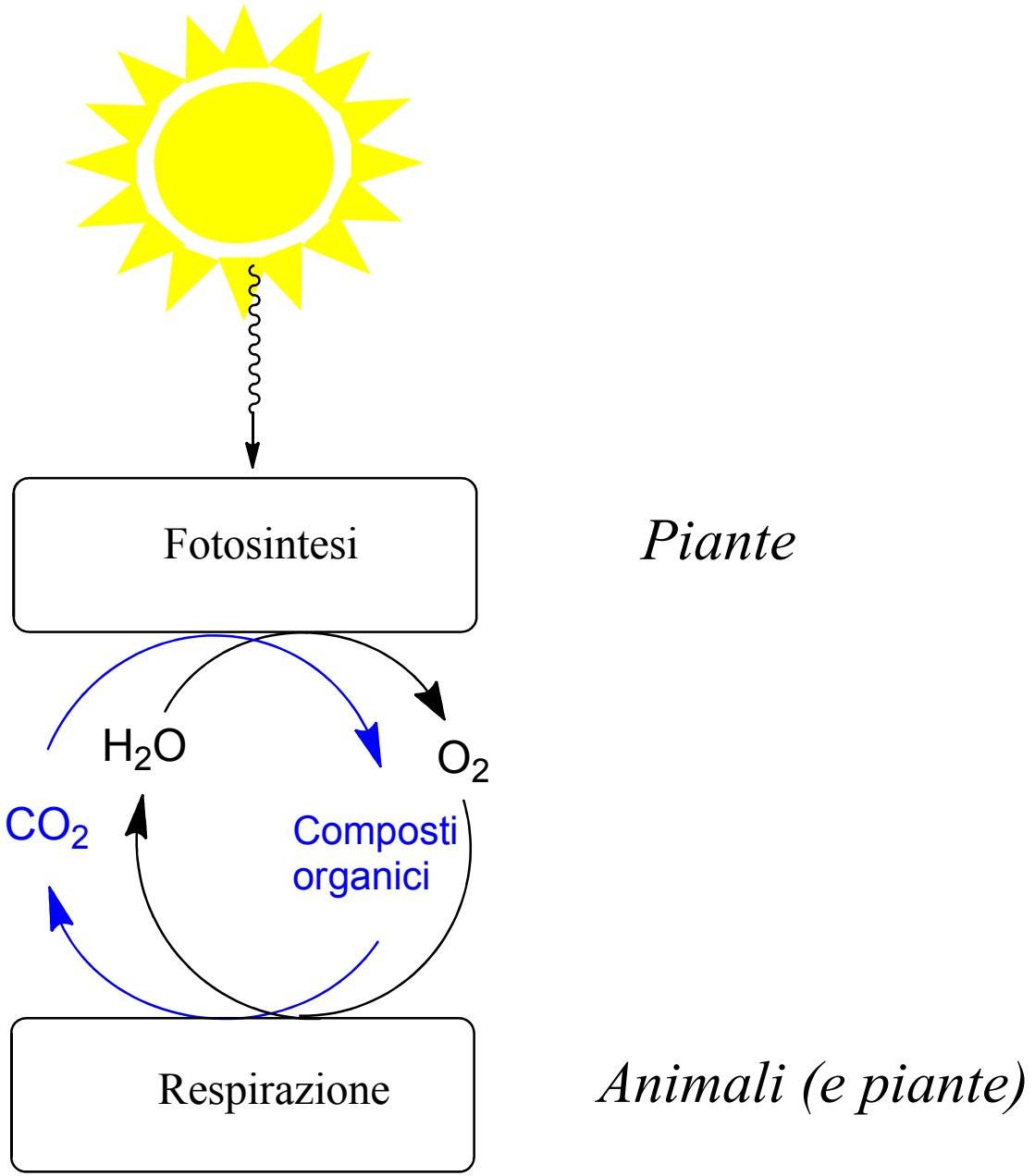
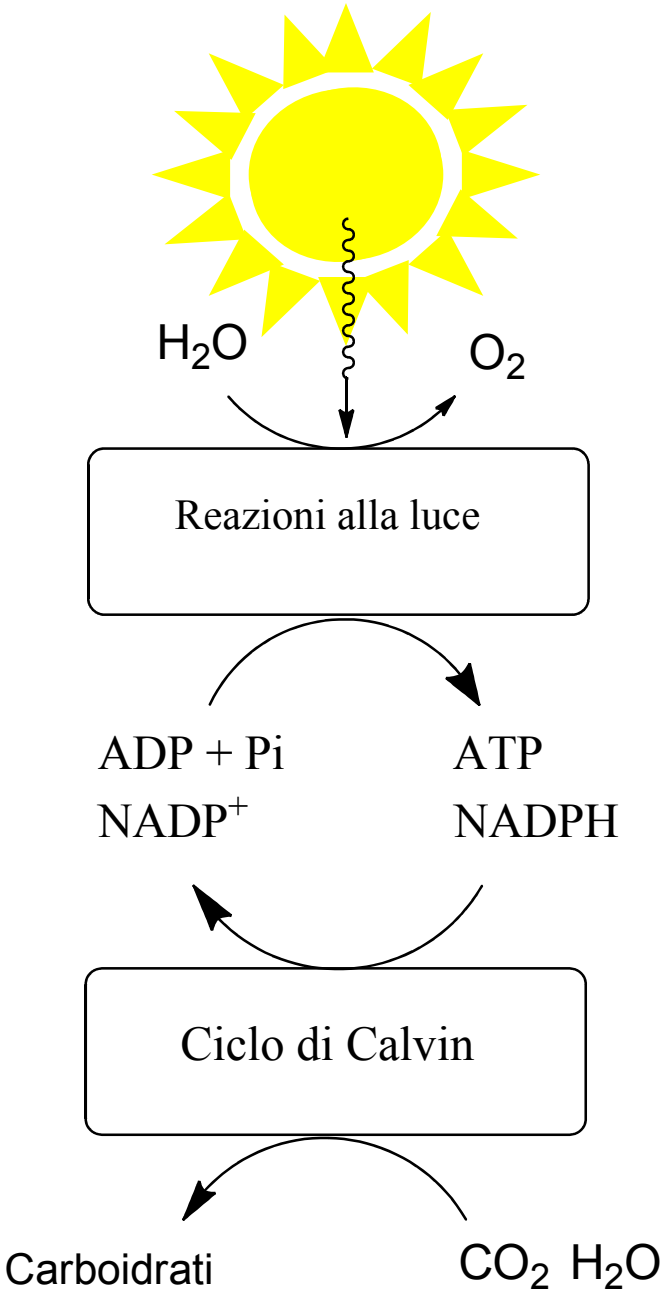
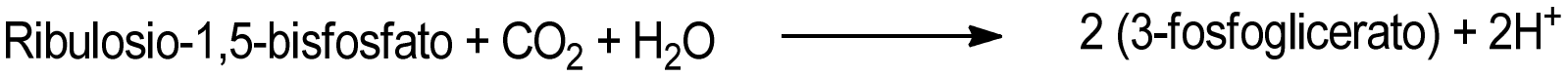
Biosintesi dei carboidrati a partire da anidride carbonica


Fotosintesi
Piante
H2O
O2
CO2
Composti
organici
Respirazione
Animali (e piante)


H_2O
O_2
Reazioni alla luce
ADP + Pi
$NADP^+$
ATP
NADPH
Ciclo di Calvin
Carboidrati
CO_2 H_2O

La ribulosio-1,5-bisfosfato carbossilasi (Rubisco)

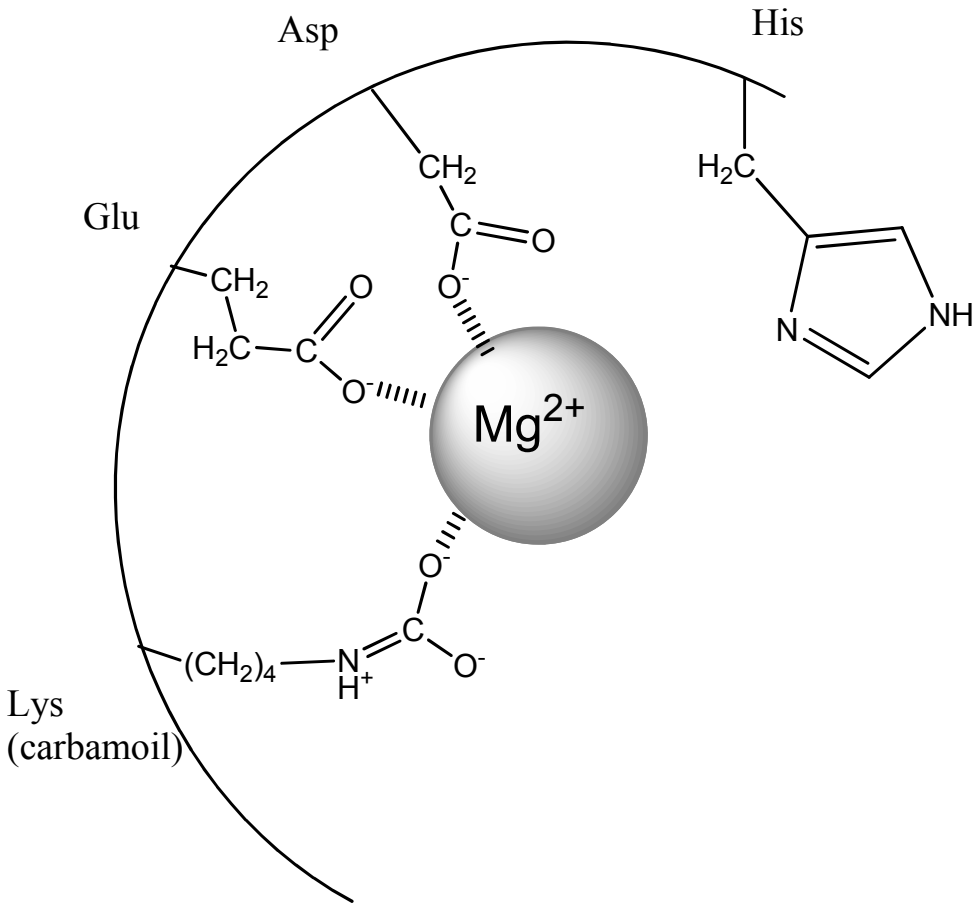


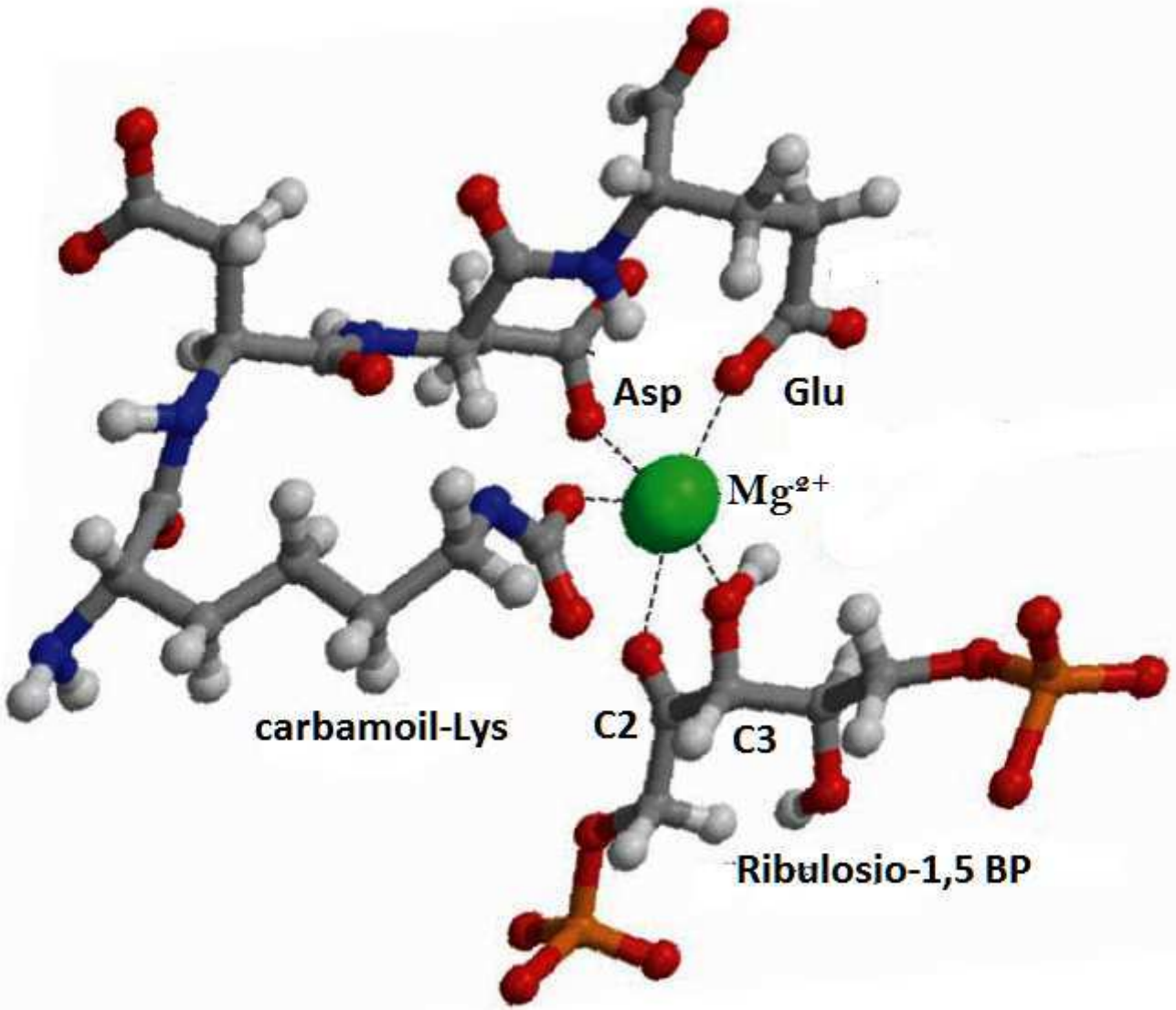
8 subunità, ognuna con un sito catalitico, PM 53 kDa e 8 subunità minori a funzione non chiara, PM 14 kDa
P.M. complessivo = 550 kDa

concentrazione = 250 mg/ml
(50% proteine totali del cloroplasto)

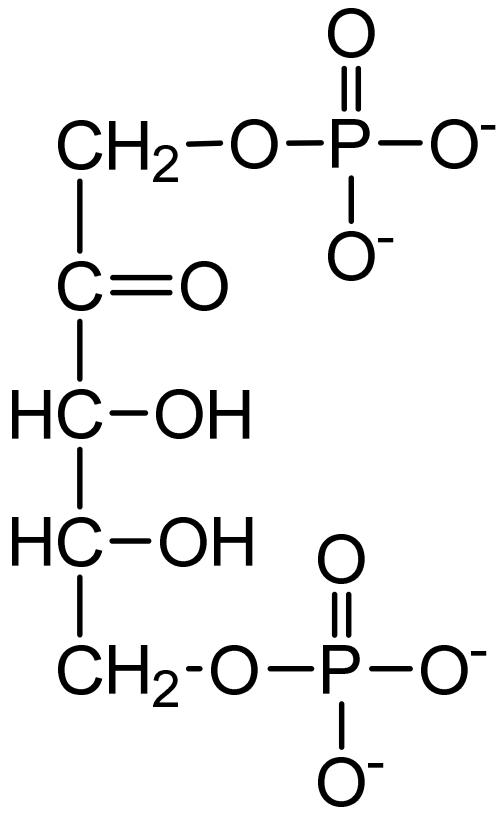
n. di turnover (k_2) = 3 s^{-1},
3 molecole CO_2 al secondo per molecola di enzima

Sito catalitico della rubisco

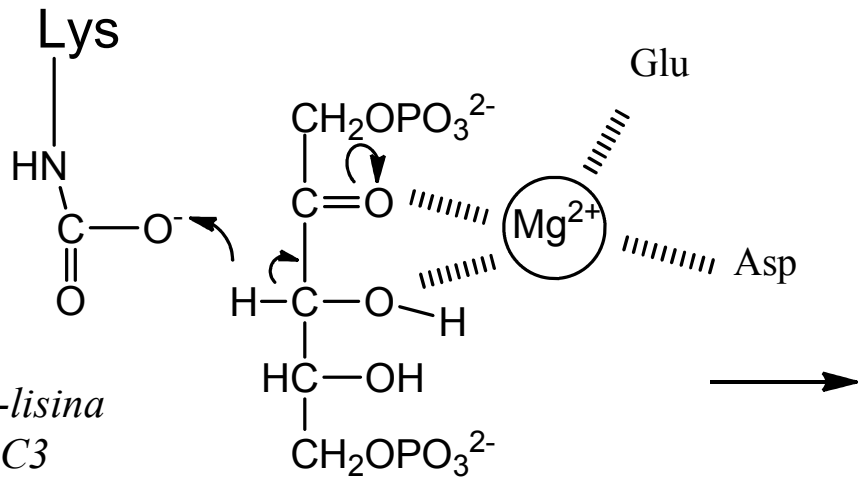



Asp
Glu
Mg^{2+}
carbamoil-Lys
C2
C3
Ribulosio-1,5 BP

Il primo substrato della rubisco

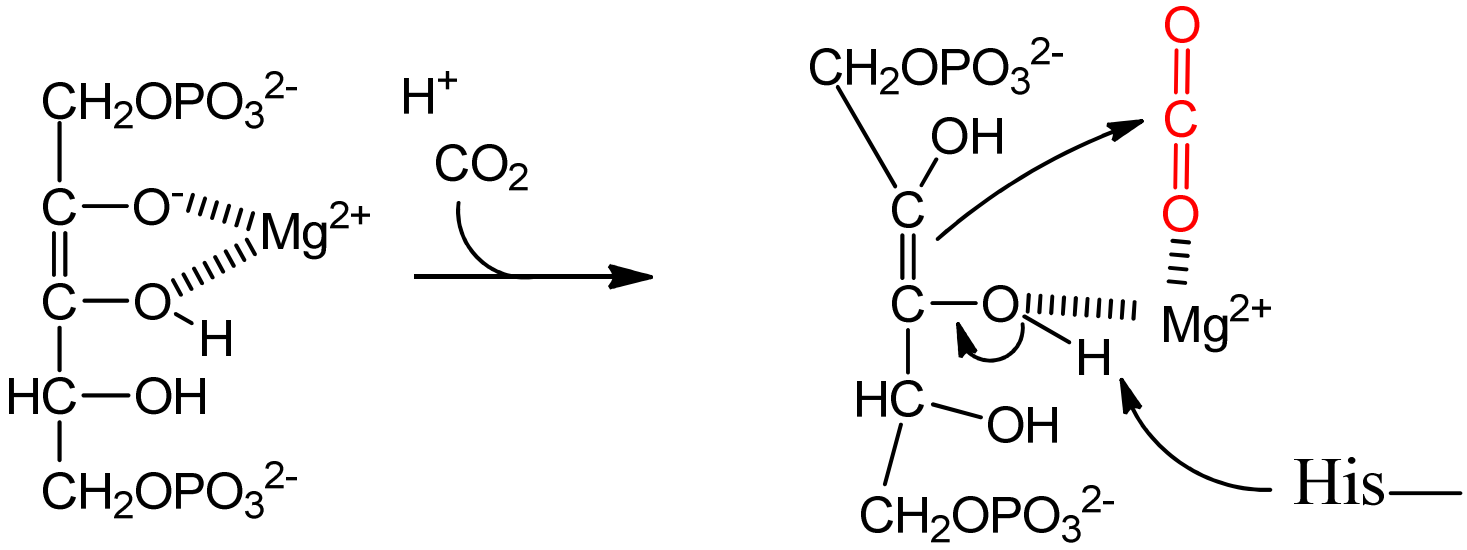


Ribulosio-1,5-bisfosfato



Il residuo di carbamoil-lisina preleva un protone dal C3 favorito dall'attrazione del Mg sull'ossigeno ossidrilico

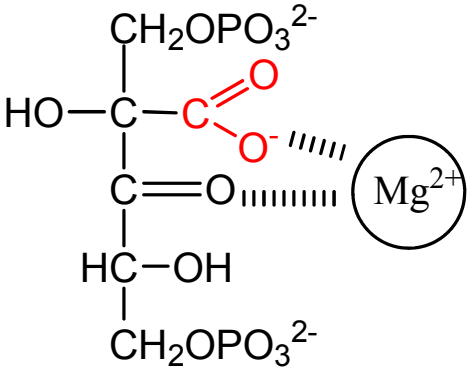
Ribulosio-1,5-bisfosfato
nel sito attivo della rubisco



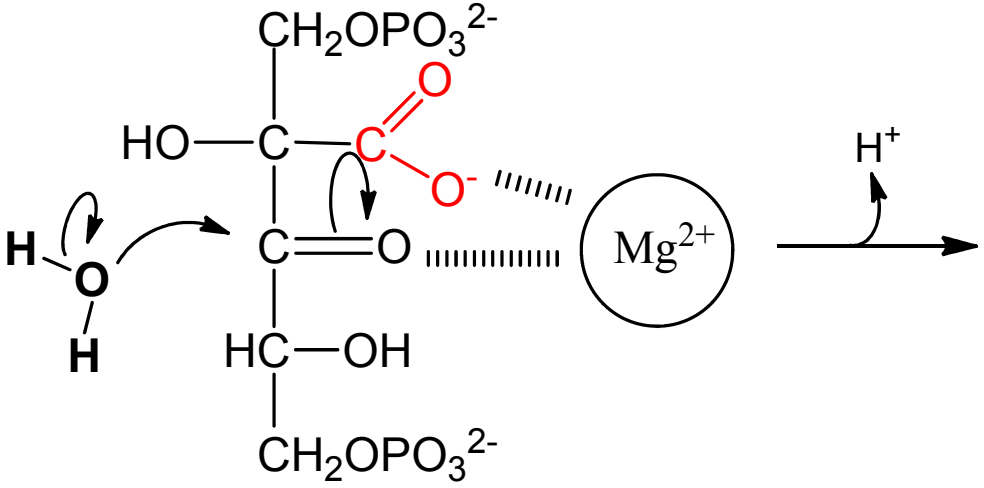
intermedio endiolico

l'endiolo è stabolizzato dal Mg^{2+} ma lingresso di un protone sull'O in C2 favorisce il legame della CO_2

L'atomo di magnesio polarizza l'ossigeno della CO2 e in C3 dove un'istidina preleva un protone

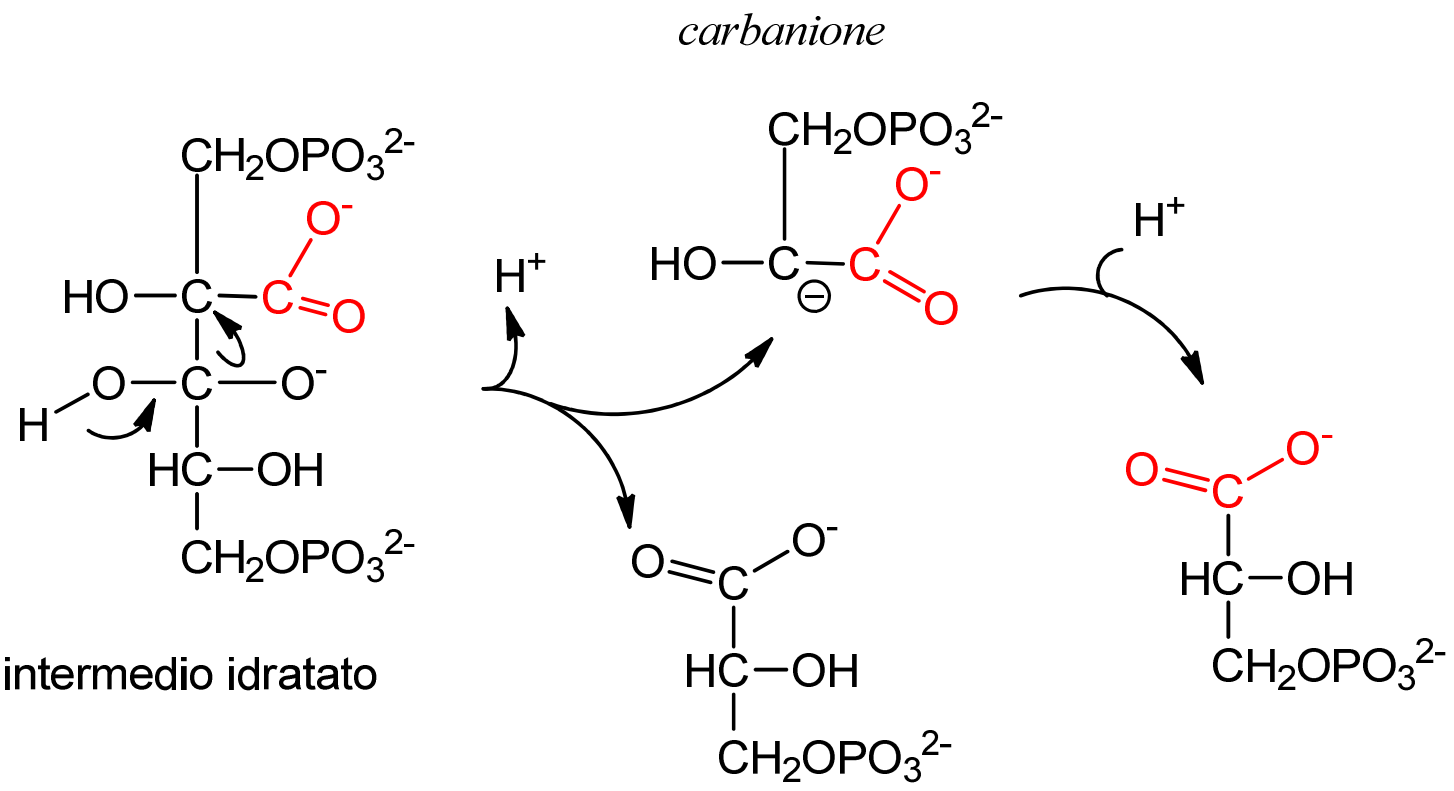


intermedio β-chetoacido



Il gruppo chetonico rimane polarizzato dallo ione magnesio così da favorire l'attacco nucleofilo dell'acqua

Scissione dell'intermedio idratato e liberazione dei prodotti



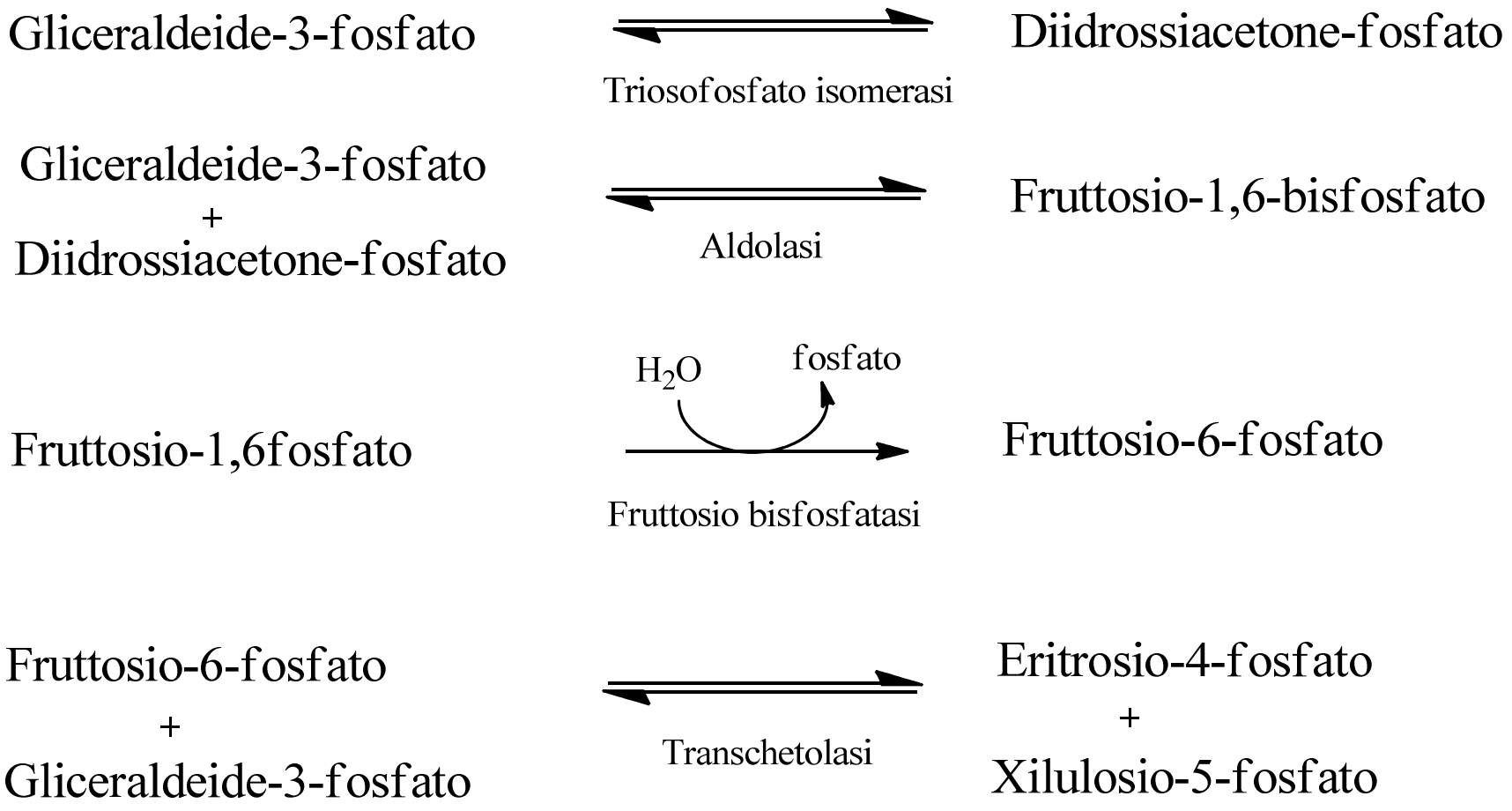
Seconda fase dell'assimilazione della CO_2

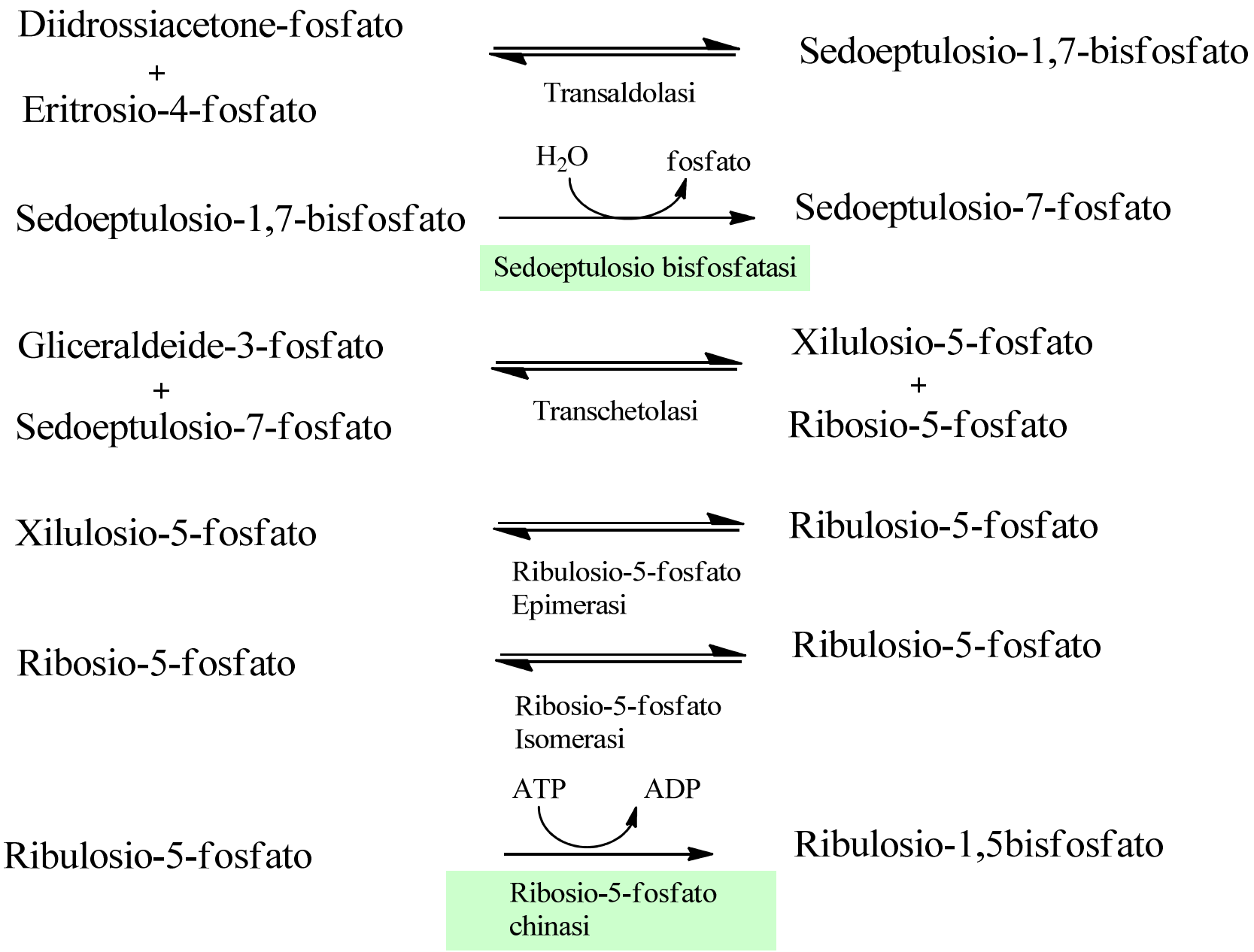
3-fosfoglicerato +ATP (3PGA) ⟶ 1,3-bisfosfoglicerato + ADP (1,3BPG)

1,3-BPG + NADPH ⟶ gliceraldeide-3P + $NADP^+$ (G3P)

G3P ⟶ **glucosio**

Terza fase.
Rigenerazione del ribulosio-1,5bisfosfato




Diidrossiacetone-fosfato
+
Eritrosio-4-fosfato
Transaldolasi
Sedoeptulosio-1,7-bisfosfato
Sedoeptulosio-1,7-bisfosfato
H2O
fosfato
Sedoeptulosio-7-fosfato
Sedoeptulosio bisfosfatasi
Gliceraldeide-3-fosfato
+
Sedoeptulosio-7-fosfato
Transchetolasi
Xilulosio-5-fosfato
+
Ribosio-5-fosfato
Xilulosio-5-fosfato
Ribulosio-5-fosfato
Ribulosio-5-fosfato
Epimerasi
Ribosio-5-fosfato
Ribulosio-5-fosfato
Ribosio-5-fosfato
Isomerasi
ATP
ADP
Ribulosio-5-fosfato
Ribulosio-1,5bisfosfato
Ribosio-5-fosfato
chinasi

I 3 enzimi specifici del ciclo di Calvin non presenti nella gluconeogenesi degli animali

1. Rubisco
2. Sedoeptulosio-bisfosfatasi
3. Ribulosio-5fosfato chinasi

Bilancio

---

6 ribulosio-1,5BP + **6** CO_2 + **6**H_2O ⟶ **12** 3-PGA

12 3PGA + **12** ATP ⟶ **12** 1,3BPG + **12** ADP

12 1,3BPG + **12** NADPH ⟶ **12** G3P + **12** Pi + **12** $NADP^+$

1 G3P ⟶ **1** DHP

1 G3P + **1** DHP ⟶ **1** Fruttosio-1,6BP

1 Fruttosio-1,6BP ⟶ **1** Glucosio + **2** Pi

10 G3P ⟶ **6** ribulosio-5P + **4** Pi

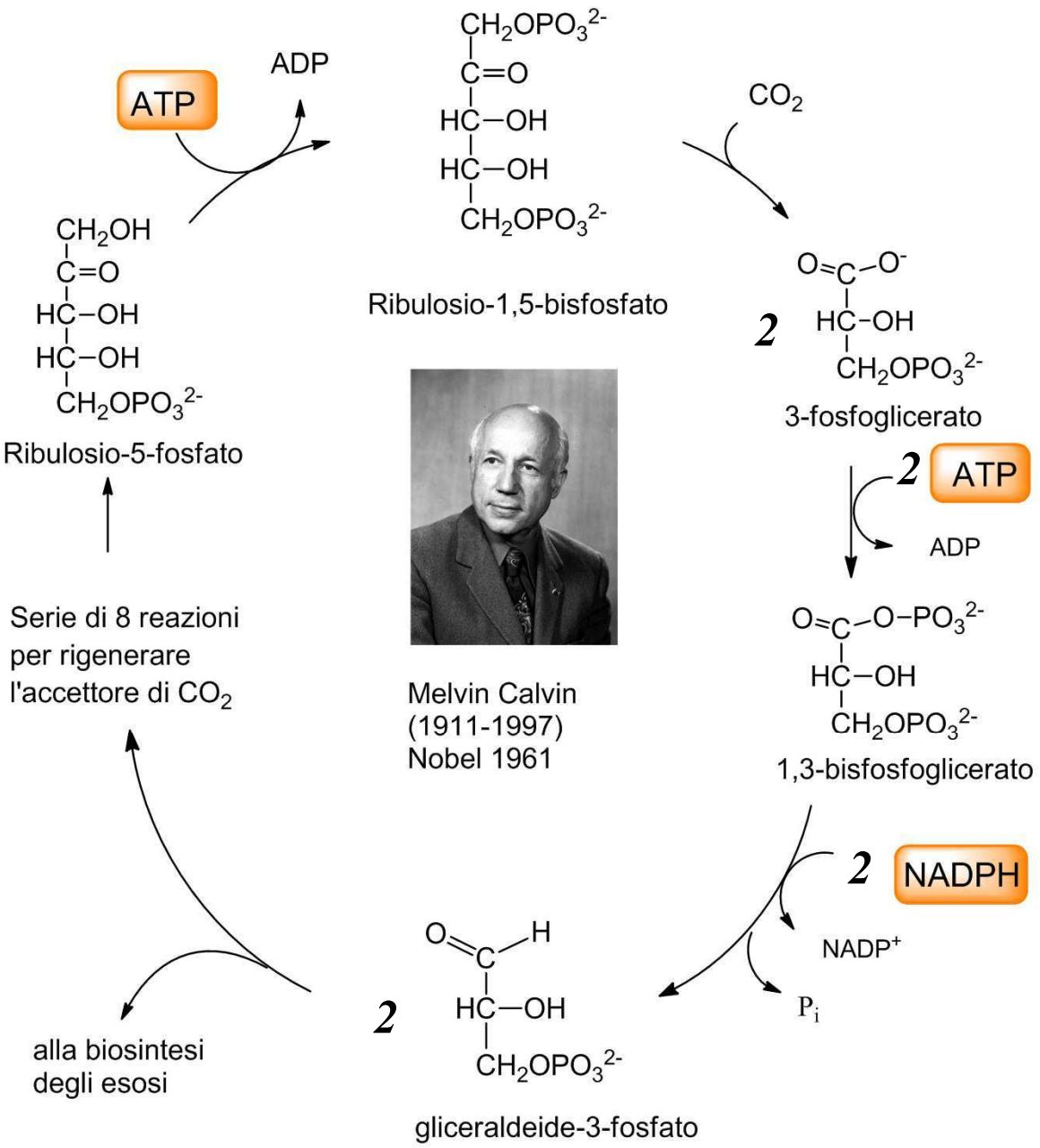
6 ribulosio-5P + **6** ATP ⟶ **6** ribulosio-1,5BP + **6**ADP

---

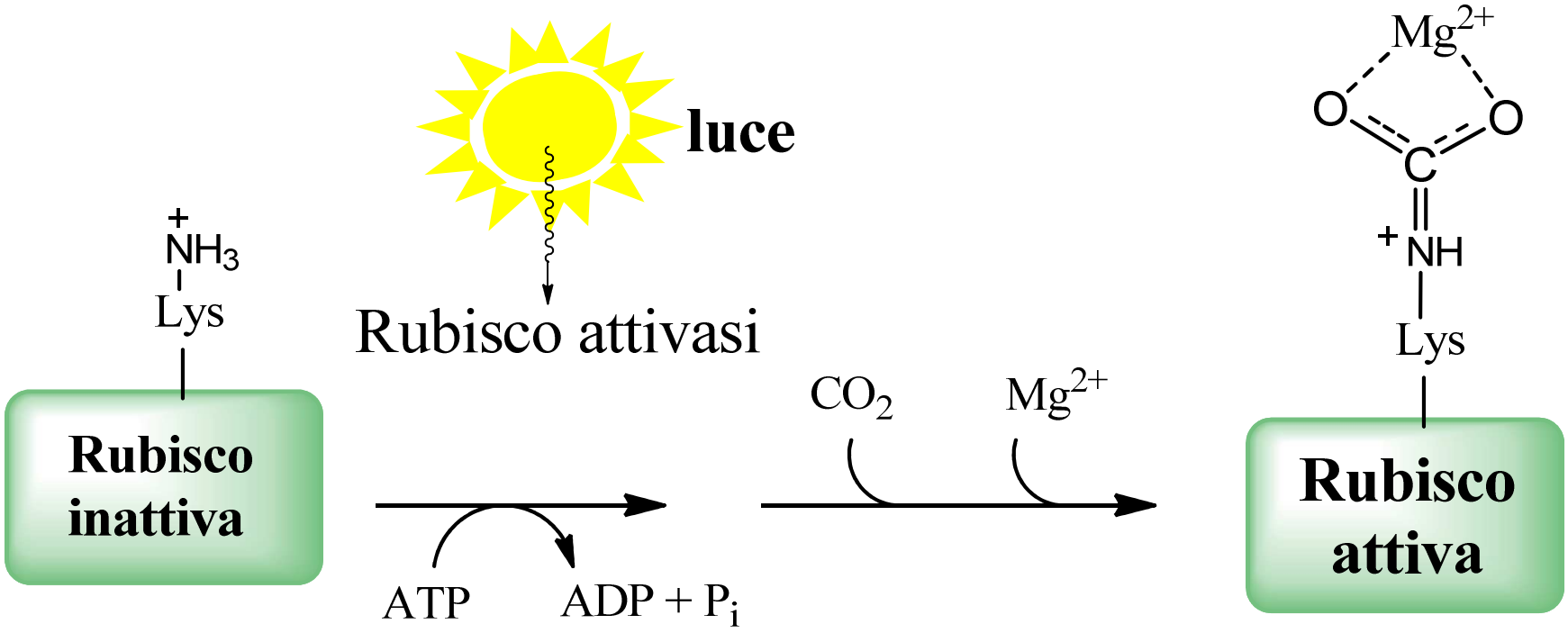
6 CO_2 + **6** H_2O + **18** ATP + **12** NADPH ⟶

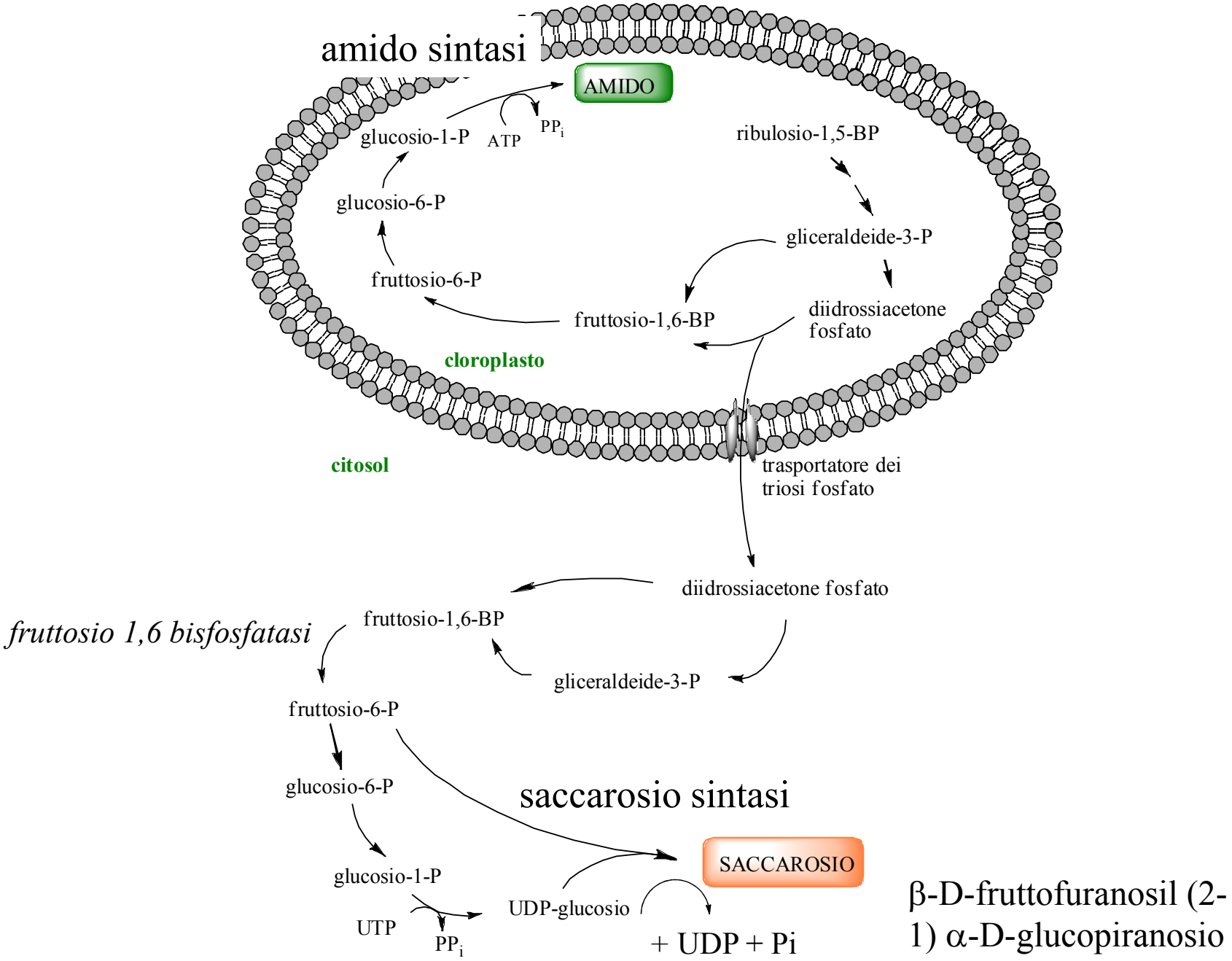
1 Glucosio + **18** ADP + **18** Pi + **12** $NADP^+$

Ciclo di Calvin



La rubisco non è attiva di notte



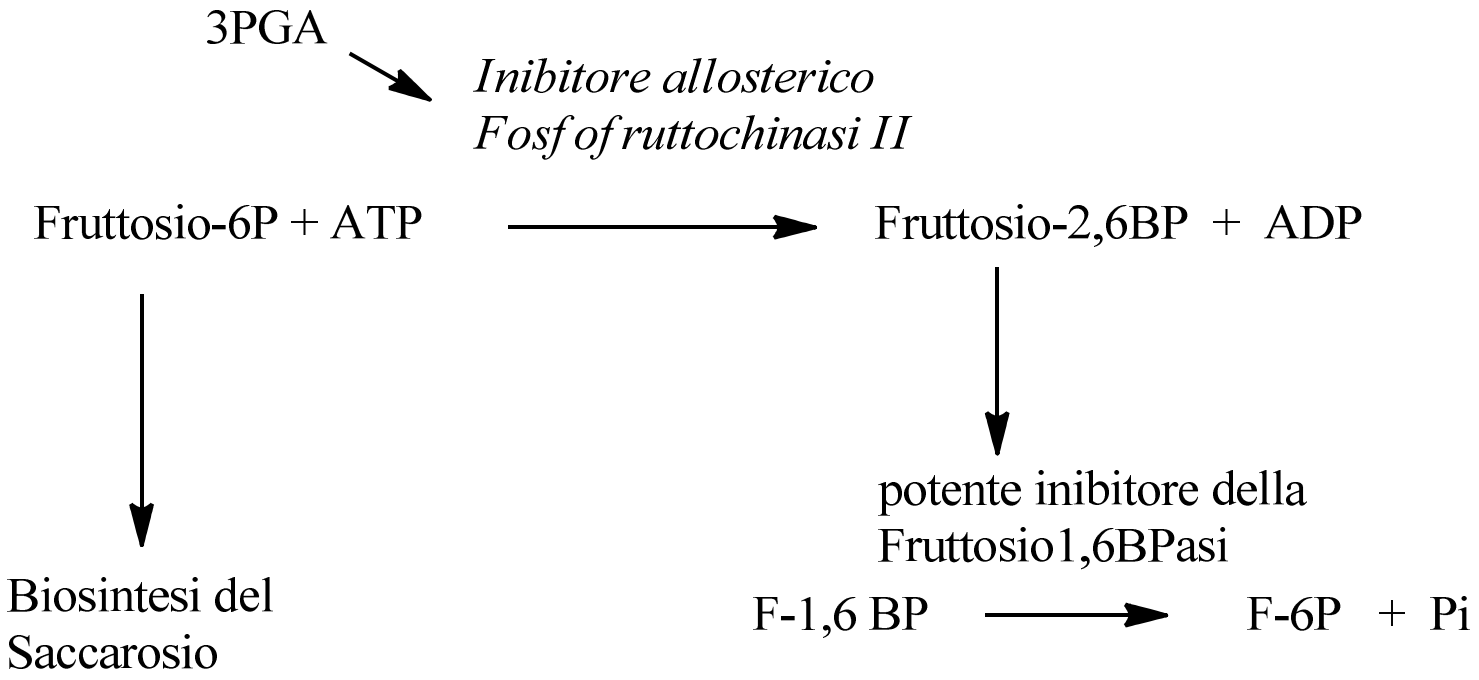


β-D-fruttofuranosil (2-1) α-D-glucopiranosio

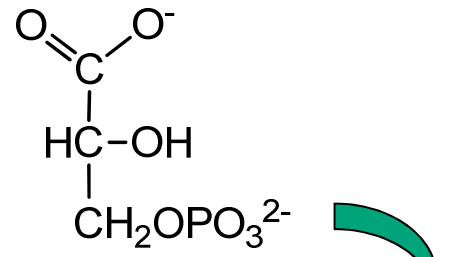
Regolazione da 3-fosfoglicerato

Alla luce il 3PGA rimuove il controllo da F2,6BP consentendo la sintesi di saccarosio da fruttosio 6P

Il fosfato che si accumula al buio attiva la fosfofruttochinasi II



Regolazione da 3-fosfoglicerato. Sintesi di amido



attivazione allosterica

Glucosio 1P-adeniltransferasi

$$Glucosio\text{-}1P + ATP \rightleftharpoons ADP\text{-}Glucosio + PPi$$

HPO_4^{2-}

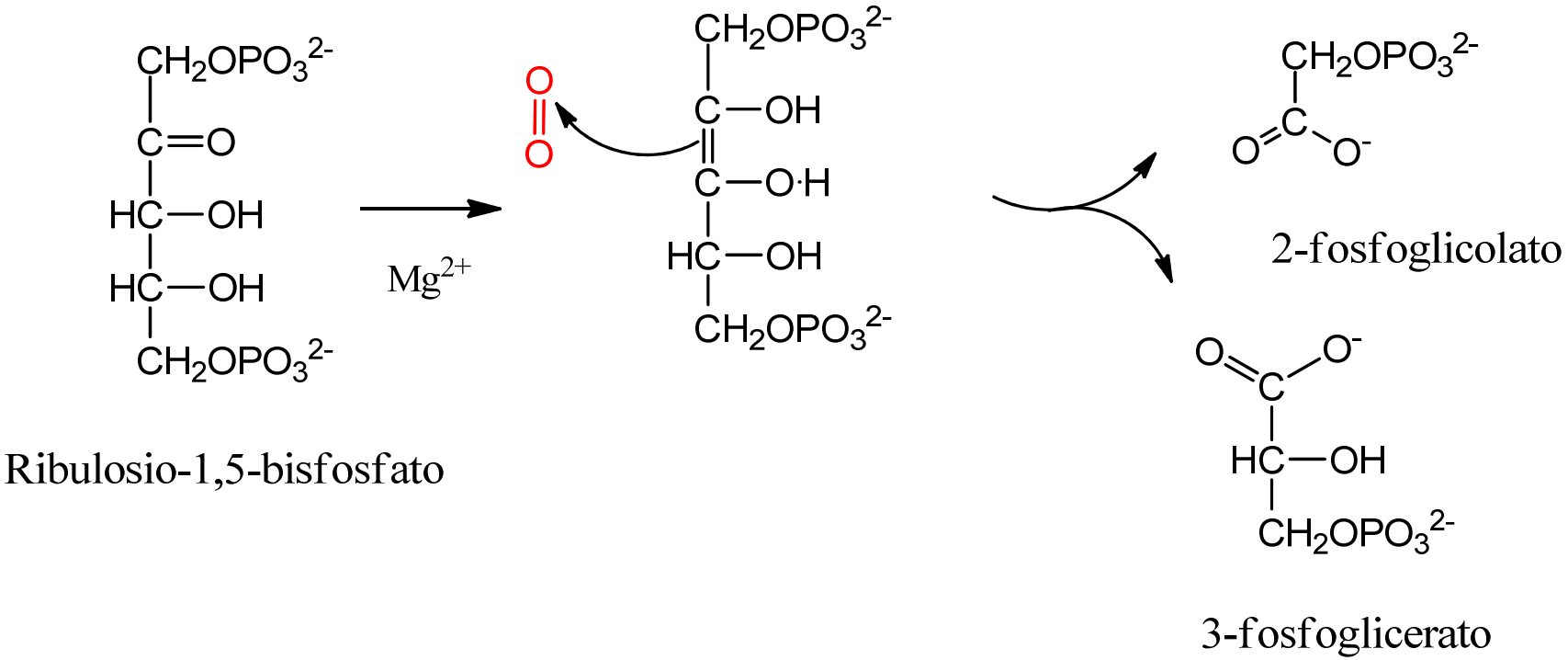
(si accumula al buio)

$amido_n$

$amido_{n+1}$

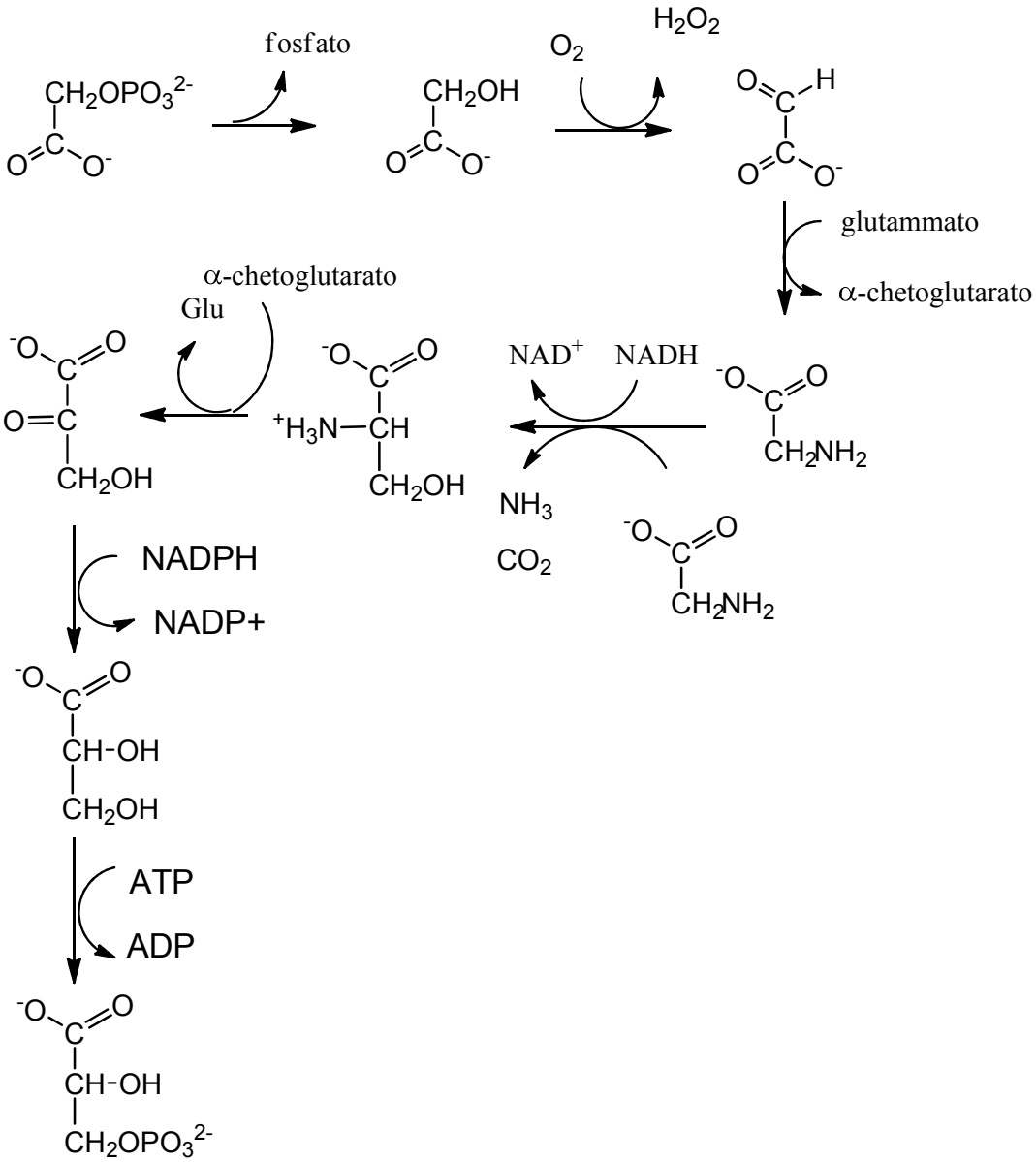
ADP

Fotorespirazione



Ribulosio-1,5-bisfosfato

3-fosfoglicerato


fosfato
$CH_2OPO_3^{2-}$
CH_2OH
O_2
H_2O_2
glutammato
α-chetoglutarato
α-chetoglutarato
Glu
NAD^+
NADH
$^+H_3N-CH$
CH_2NH_2
NH_3
CO_2
NADPH
NADP+
CH-OH
ATP
ADP

Rubisco di tabacco

	Concentrazione (μM) in soluzione acquosa in equilibrio con l'aria a temperatura ambiente *	K_m (μM)	*attività catalitica (molecole/sec)* k_2	velocità
CO_2	11	9	1.82	**0.71**
O_2	250	535	0.76	**0.29**

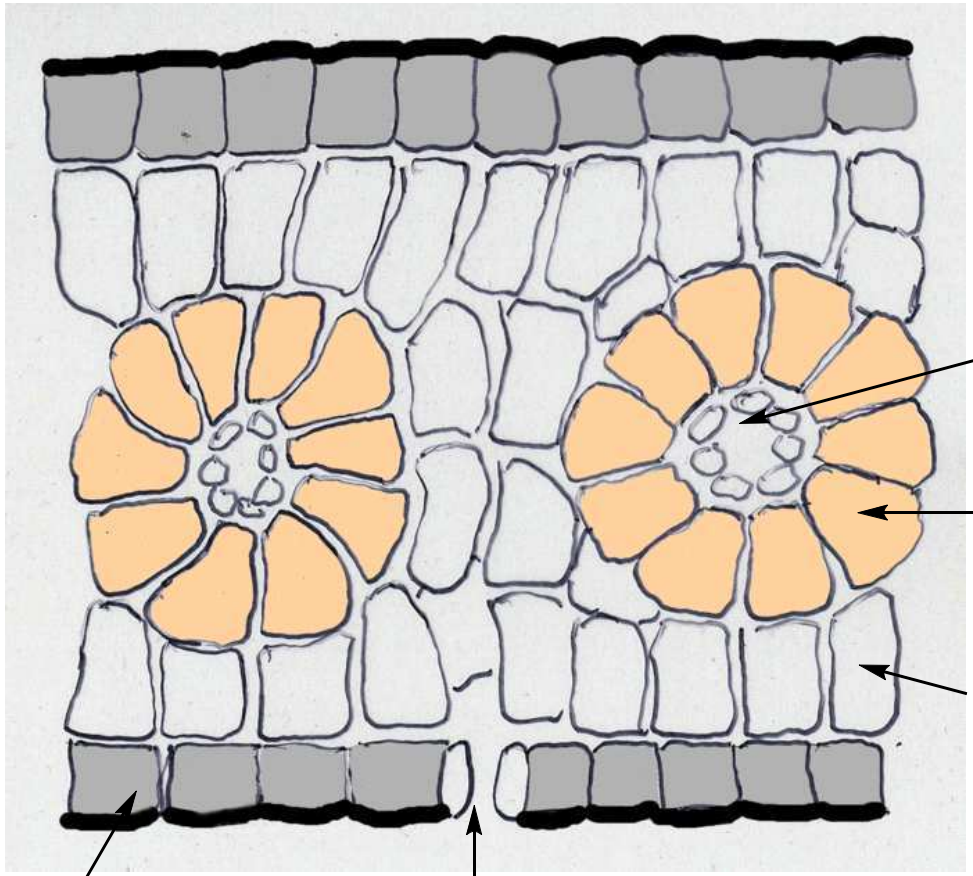
70% delle molecole di ribulosio 1,5-bisfosfato viene carbossilato

(dipende dai valori di K_m e k_2 nelle diverse specie di piante)

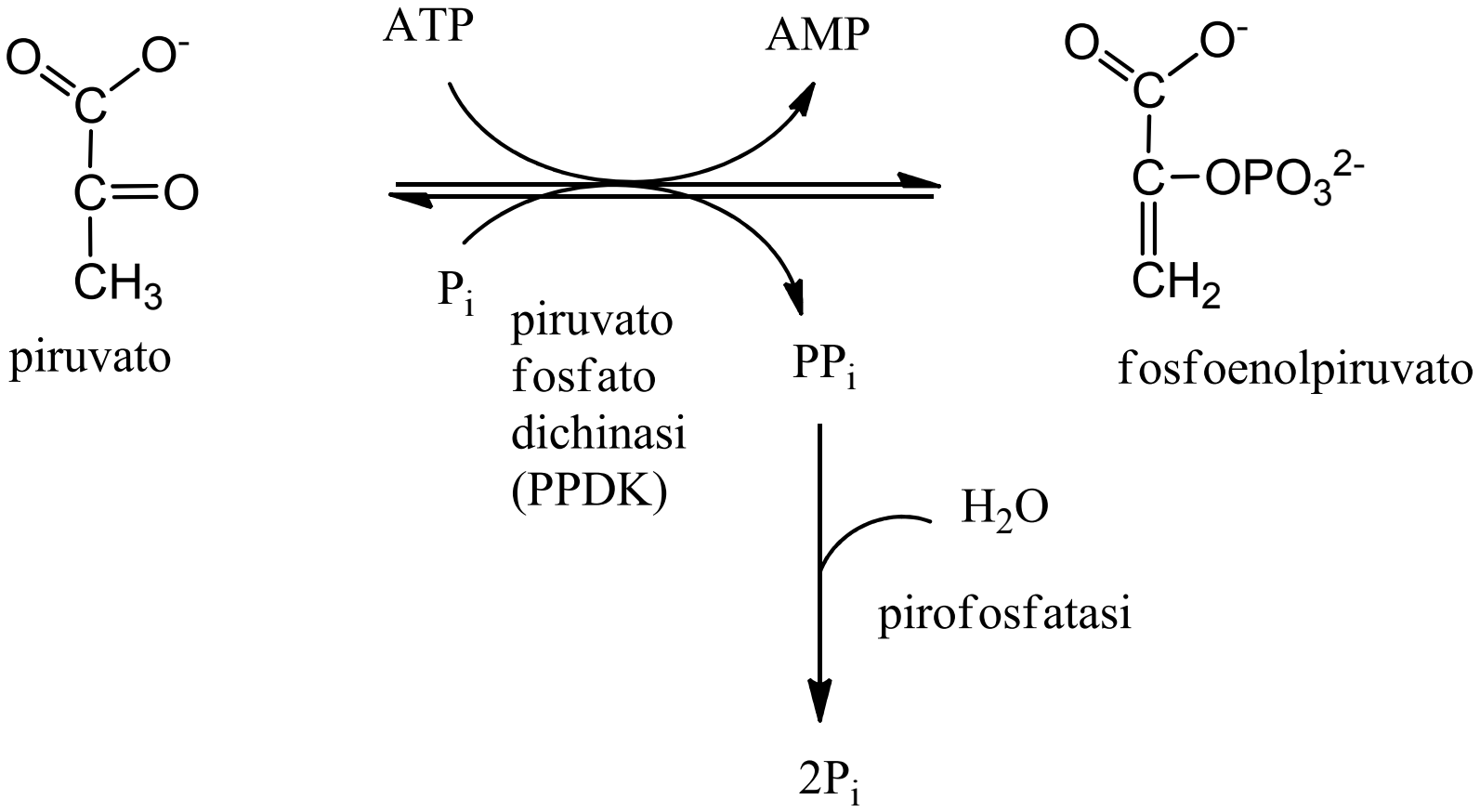
* *Tenendo conto che: ossigeno 21%; CO2 0.035%*

Via di Hatch e Slack
(piante C4)

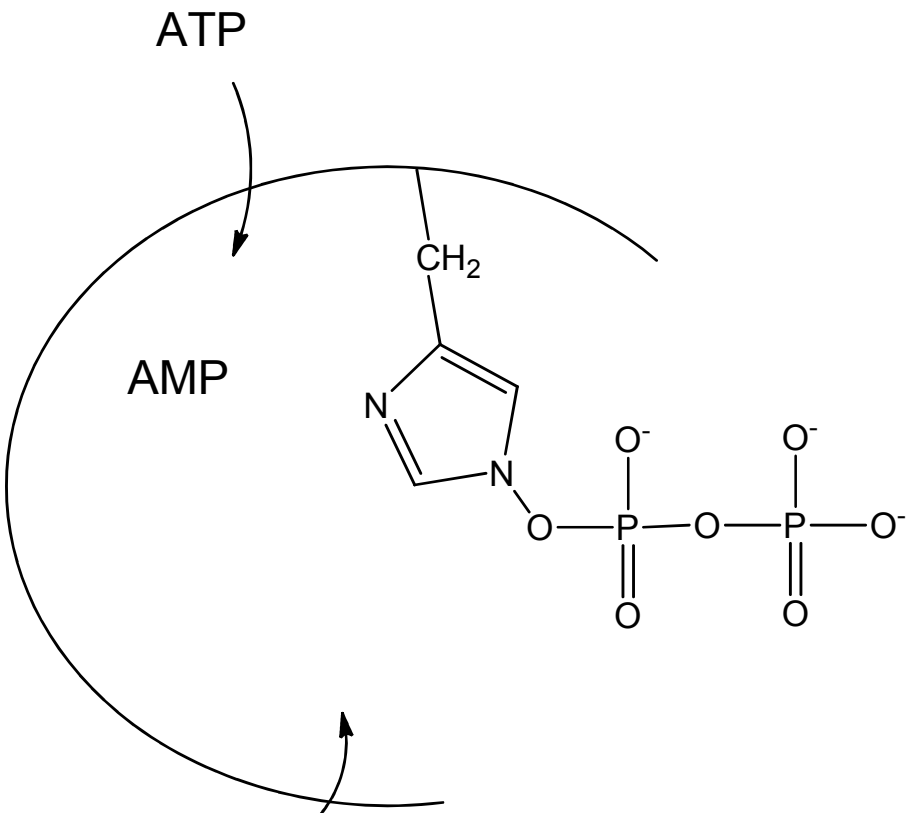
Piante C4: anatomia Kranz



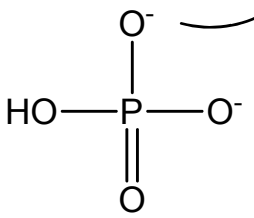
PPDK, un'enzima caratterizzante la via di Hatch-Slack

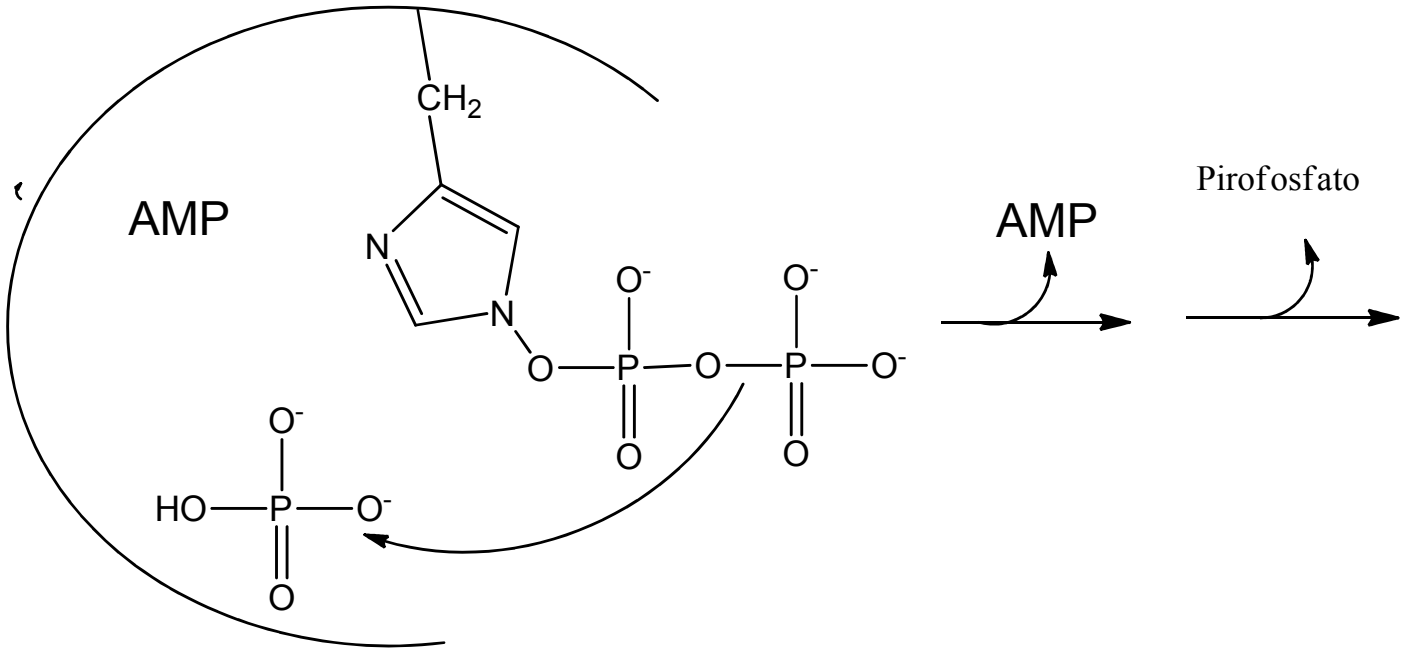


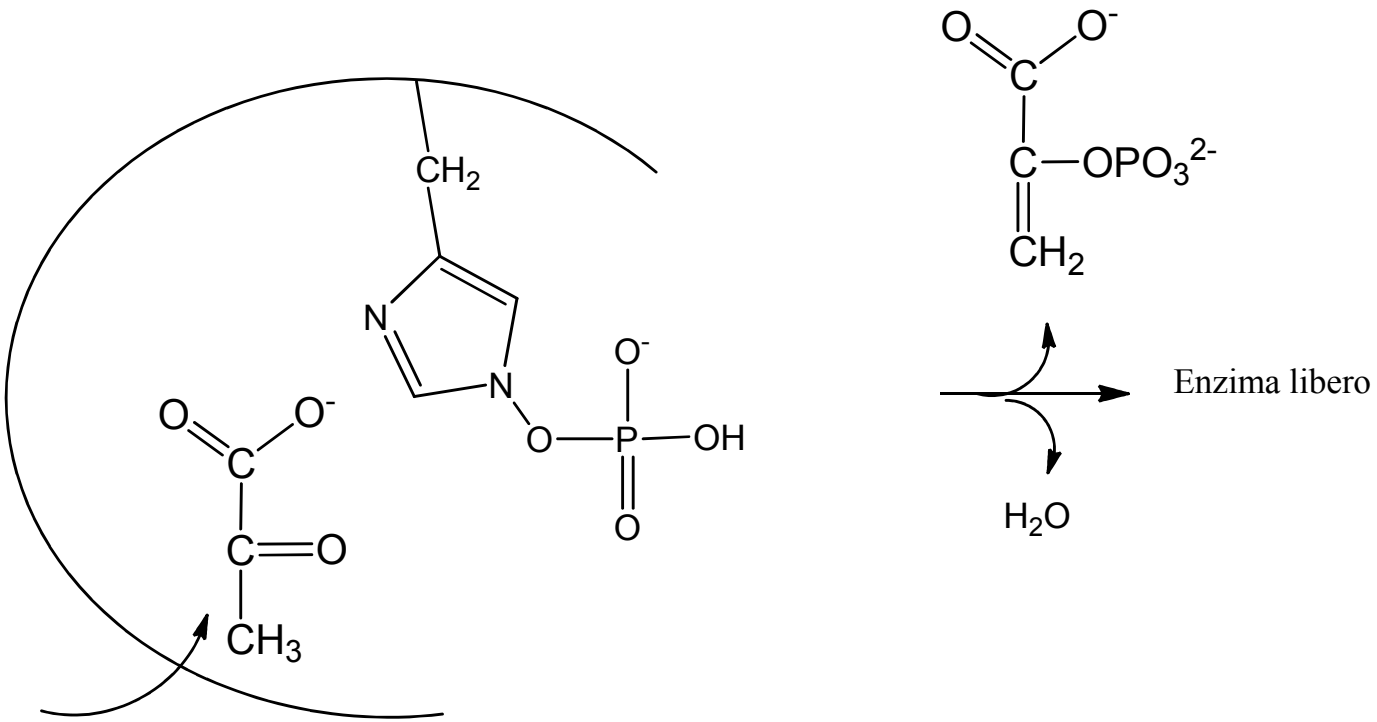
1.



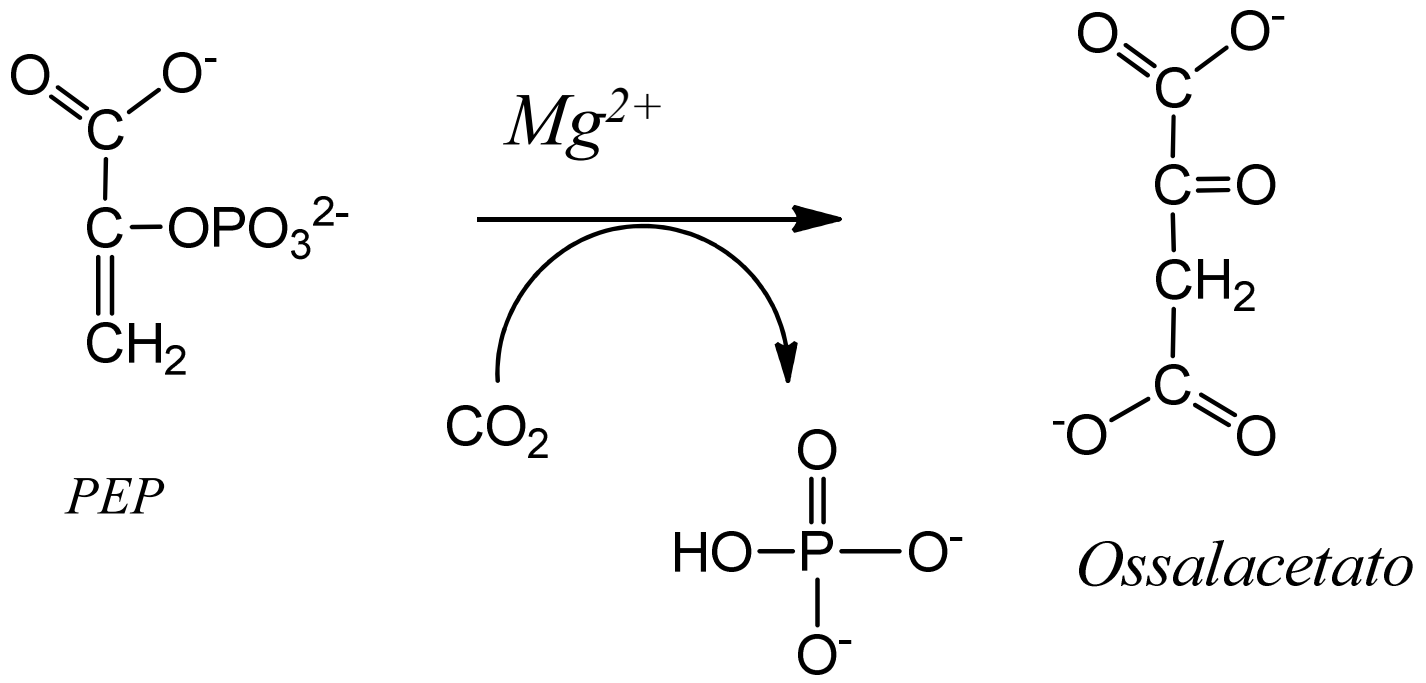
2.



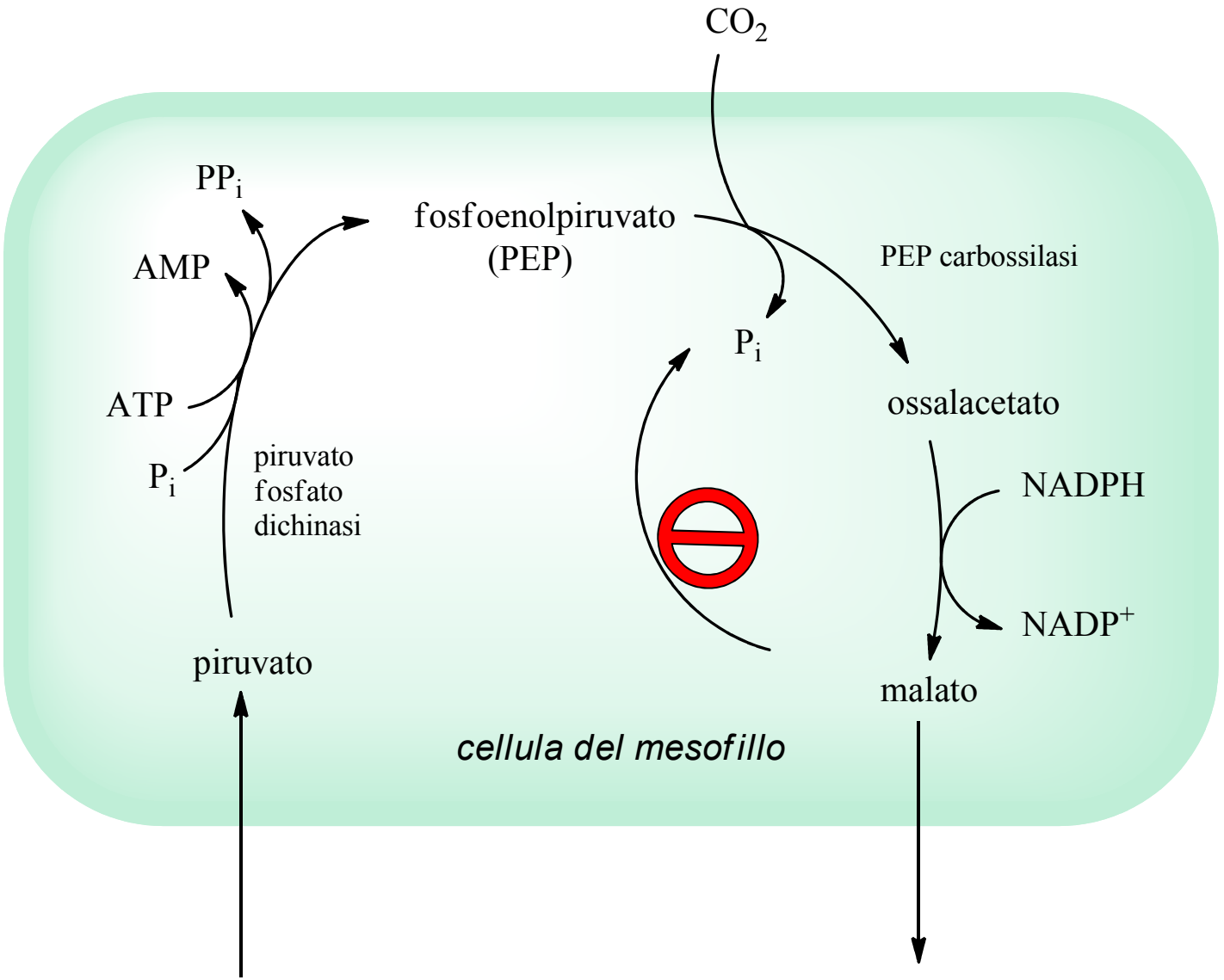

AMP
CH2
N
N
O
P
O
P
O
O
O
O
O
HO
P
O
O
AMP
Pirofosfato

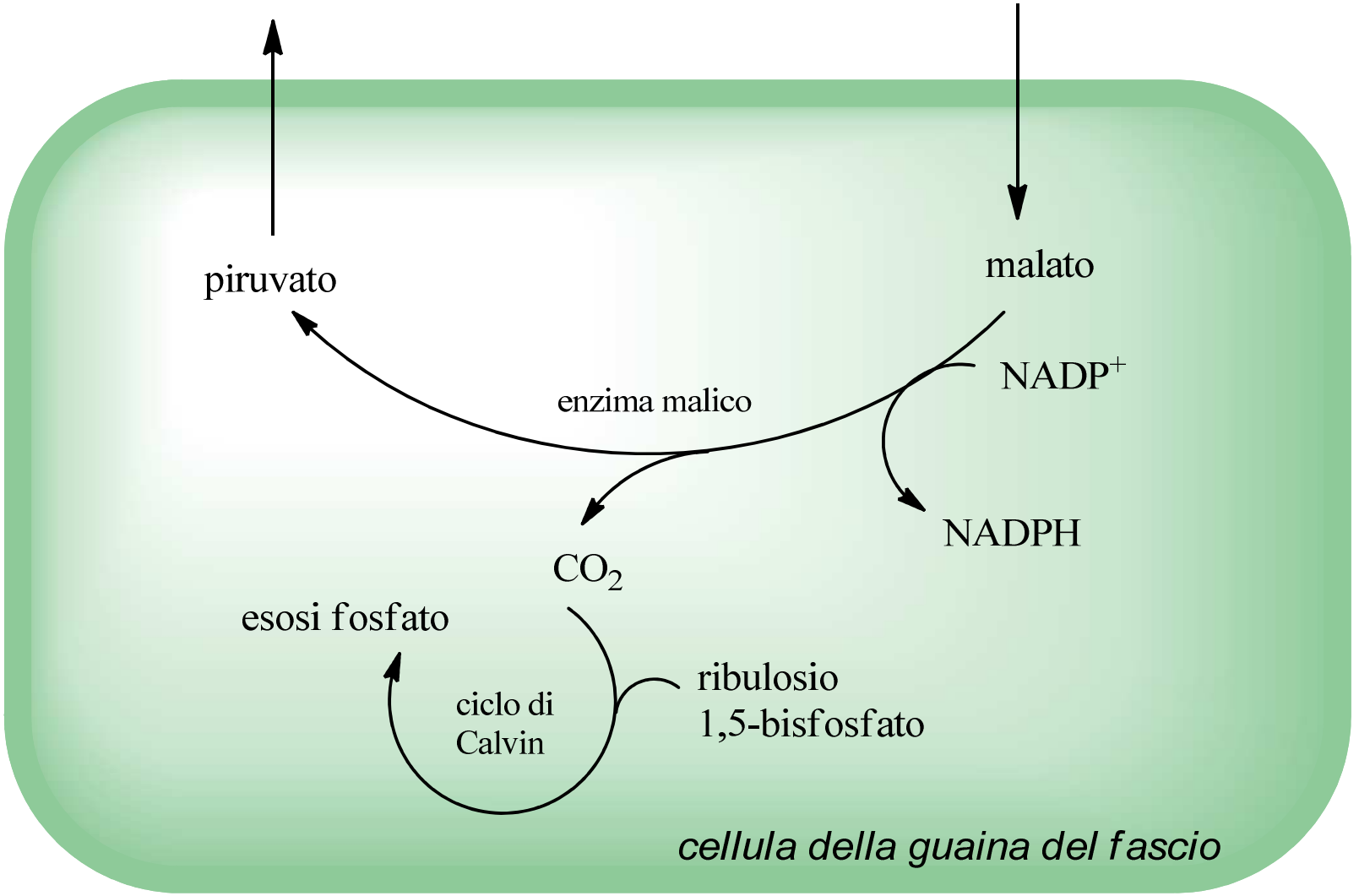

CH2
N
N
O-
O
P
OH
O
O-
O
C
C
O
CH3
O
O-
C
C
OPO3 2-
CH2
Enzima libero
H2O

PEP carbossilasi: il secondo enzima



Alta affinità per CO_2 (K_m micromolare)


CO_2
PP_i
AMP
ATP
P_i
piruvato
fosfato
dichinasi
piruvato
fosfoenolpiruvato
(PEP)
P_i
PEP carbossilasi
ossalacetato
NADPH
$NADP^+$
malato
cellula del mesofillo


piruvato
malato
NADP+
enzima malico
NADPH
CO2
esosi fosfato
ciclo di
Calvin
ribulosio
1,5-bisfosfato
cellula della guaina del fascio